

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

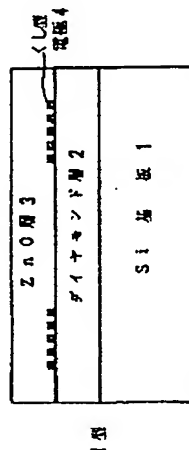
(11) Publication number: **03198412 A**(43) Date of publication of application: **29 . 08 . 91**(51) Int. Cl **H03H 9/145**(21) Application number: **01339521**(22) Date of filing: **26 . 12 . 89**(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**(72) Inventor: **NAKAHATA HIDEAKI  
FUJIMORI NAOHARU**(54) **SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a surface acoustic wave element whose structure has a high phase speed and a high coefficient of electromechanical coupling by specifying the thickness of a ZnO film and the mode.

**CONSTITUTION:** A diamond layer 2 is formed on a silicon substrate 1, and a comb-shaped electrode 4 is provided on this layer 2, and a ZnO layer 3 is formed on this electrode 4. The 0th-order mode of the surface acoustic wave excited by the structure satisfying  $2\pi \cdot H/\lambda = 0.5$  to 1.5 (H is the thickness of the ZnO layer and  $\lambda$  is the wavelength of the surface acoustic wave) of the ZnO layer is used. Thus, the surface acoustic wave element having a high phase speed and a high coefficient of electromechanical coupling is given.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&amp;Japio



⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 03 H 9/145

識別記号

C

庁内整理番号

7259-5 J

⑬ 公開 平成3年(1991)8月29日

審査請求 未請求 請求項の数 12 (全15頁)

⑭ 発明の名称 表面弾性波素子

⑯ 特 願 平1-339521

⑰ 出 願 平1(1989)12月26日

⑱ 発 明 者 中 幡 英 章 兵庫県伊丹市昆陽北1丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

⑲ 発 明 者 藤 森 直 治 兵庫県伊丹市昆陽北1丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

⑳ 出 願 人 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中心区北浜4丁目5番33号

㉑ 代 理 人 弁理士 川瀬 茂樹

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

表面弾性波素子

## 2. 特許請求の範囲

- (1) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。
- (2) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 2.0$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。
- (3) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上に ZnO

層を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

(4) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

(5) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用す

る事の特徴とする表面弾性波素子。

(6) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(7) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \cdot ZnO = 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(8) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO

層の上に界面短絡用電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 3.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(12) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に界面短絡用電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0 \sim 3.0$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 【産業上の利用分野】

本発明は数百MHzからGHz帯の高周波領域で動作する表面弾性波素子に関するものである。

層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0 \sim 3.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(9) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0 \sim 3.0$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(10) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に界面短絡用電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上にくし型電極を配置して成る表面弾性波素子に於いて、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の波長を $\lambda$ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

(11) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜

#### 【従来の技術】

固体の表面にエネルギーが集中して伝搬する表面弾性波を利用した表面弾性波素子は、小型で性能の安定な物を作れる事からTV受信機の間周波フィルター等として実用されている。

この表面弾性波は通常、圧電体にくし型電極により交流電界を印加することで励起される。

圧電体材料としては、 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 等のバルク単結晶やZnO薄膜を基板上に気相成長させたものなどが用いられている。

現在のところ、単結晶圧電体を用いたものの他、ガラスの上にZnO圧電体を設けたものや、サファイヤの上にZnO圧電体を設けたものなどが実用化されている。

一般に、表面弾性波素子の動作周波数 $f$ は $f = v/\lambda$  ( $v$ : 表面弾性波の伝搬速度) で決定される。

波長 $\lambda$ は第1図や第2図に示したようにくし型電極の周期で決定される。

第1図のくし型電極は幅 $d$ の電極片が $3d$ の間

間をもって一体に形成されたものが、1対向かいあっているものである。ひとつ置きに同極の電極があり隣接するものは異極である。これは最も標準的なくし型電極である。波長 $\lambda$ は、 $\lambda = 4d$ である。

第2図のくし型電極は幅 $d$ の電極片が間隔 $d$ を置いて二つずつ並びこれが $5d$ の間隔をもって繰り返すように形成されている。この電極構造が向きあった形で形成されている。波長 $\lambda$ は、 $\lambda = 8d/3$ である。このような電極は特に3次モードが強く励振されることが知られている。

伝搬速度 $v$ の値は、圧電体材料や、基板材料によるし、表面弾性波のモードによる。

単結晶圧電体の $\text{LiNbO}_3$ を用いた場合には、伝搬速度 $v$ は $3500 \sim 4000$  (m/s)、 $\text{LiTaO}_3$ では $3300 \sim 3400$  (m/s)程度である。

$\text{ZnO}$ の圧電体薄膜をガラス基板上に成長させたものでは最大 $3000$  (m/s)程度である。

動作周波数 $f$ を大きくするには、伝搬速度 $v$ を大きくするか、波長 $\lambda$ を小さくすれば良い。

なる複数の表面弾性波 ( $v$ の小さい方から0次モード、1次モード、2次モード、...)が励起される。

また基板材料の音速が大きいほど伝搬速度 $v$ の値は大きくなる。

勿論表面弾性波の伝搬速度 $v$ と基板材料の音速とは異なる概念で実際の数値も異なる。しかし圧電体が基板の上に薄く形成されており圧電体の上を伝搬する表面波が基板の弾性の影響を強く受ける。このため基板材料の音速が速ければ、表面波の伝搬速度 $v$ も大きくなる。

そこで、音速の大きい(横波の速度 $= 8000$  m/s、縦波の速度 $= 12000$  m/s)サファイヤを基板に用いて $\text{ZnO}$ 圧電体薄膜を成長させた構造で $v = 5500$  (m/s)を有する素子が試作されている。

また、ダイヤモンドは物質中最高の音速を有しており(横波の速度 $= 13000$  m/s、縦波の速度 $= 16000$  m/s)これを基材に用いれば $10000$  m/s以上の伝搬速度 $v$ を実現できるはずである。

ダイヤモンド状炭素膜もダイヤモンドと同等の

伝搬速度 $v$ の値は上述のように材料特性により制限される。

また微細加工技術の限界によりくし型電極の周期サイズには下限がある。フォトリソグラフィ技術では $1.2\mu\text{m}$ までである。電子ビーム露光技術を使用すればサブミクロンの加工が可能であるが線幅が小さくなるほど歩留まりは悪くなる。つまり加工技術の限界により、波長 $\lambda$ をあまり小さくすることはできない。

このような理由から現在実用化されている表面弾性波素子の動作周波数は $900\text{MHz}$ までである。これ以上の周波数の表面弾性波素子は作られていない。

一方、衛星通信や移動体通信等の通信の高周波化が進むに伴ってより高周波(GHz帯)で利用できる表面弾性波素子が必要とされている。このため鋭意開発が進められている。

一般に、基板上に成長させた圧電体薄膜を表面弾性波素子に應用する場合、基板材料の音速が圧電体の音速よりも大きい時には、伝搬速度 $v$ の異

音速を有しておりこれを基材に用いても同様に大きい $v$ を実現できるはずである。

本発明者は特願平1-120635にこれを開示している。

#### 【発明が解決しようとする課題】

一般に表面弾性波素子を実現するには  
(1) その電気機械結合係数 $K^2$ (電気的エネルギーが機械的エネルギーに変換される際の変換効率の指標)が大きい事が望まれる。 $K^2 \geq 0.5\%$ である事が必要である。

(2) さらに動作周波数の高い表面弾性波素子を得るには伝搬速度 $v$ の高い事が要求される。

基板の上に形成された薄膜圧電体を用いる場合には、伝搬速度 $v$ 及び電気機械結合係数 $K^2$ は圧電体材料と基板材料の物性のみならず圧電体薄膜の膜厚 $H1$ にも大きく依存する。

また、基板が膜状の場合(圧電体薄膜/膜状基板/基材の積層構造の場合)には膜状基板の膜厚 $H2$ にも依存する。

しかし現在のところ圧電体薄膜の膜厚 $H1$ 、基板

材料の膜厚 $H_2$ と、伝搬速度 $v$ 、電気機械結合係数 $K^2$ との関係がダイヤモンドを基板とする場合全く分かっていない。

このためダイヤモンドを基板とした実用的な表面弾性波素子は未だ製作されていない。

本発明は、圧電体膜厚 $H_1$ 、基板膜厚 $H_2$ と、伝搬速度 $v$ 、電気機械結合係数 $K^2$ の関係を与え、極高周波数領域において使用できる実用的な表面弾性波素子を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

本発明はダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層と $ZnO$ 圧電体膜層とくし型電極とから成る表面弾性波素子において、 $ZnO$ の膜厚とモードを指定することにより、大きい表面波伝搬速度( $v \geq 5500 \text{ m/s}$ )と大きい電気機械結合係数( $K^2 \geq 0.5\%$ )を有する構造のものを提供する。

以下に12の異なる条件、構造のものを説明する。

以下本発明では、 $ZnO$ の膜厚は $H_1$ ではなく、単に $H$ と書く。膜厚 $H$ はこれを波長で割って $2\pi$ を

形成し、 $ZnO$ 層3を設ける。ここまでは前例と同じであるが、さらに $ZnO$ 層3の上に短絡用電極5を形成する。これは次に述べるタイプ(4)～(6)に対応する。

第5図はⅢ型のものを示す。シリコン基板1の上に、ダイヤモンド層2、 $ZnO$ 層3を設け、この上にくし型電極4を形成する。これは次に述べるタイプ(7)～(9)に対応する。

第6図はⅣ型のものを示す。シリコン基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成する。この上に短絡用電極5を設ける。さらに $ZnO$ 層3を設け、この上にくし型電極4を形成する。これは次に述べるタイプ(10)～(12)に対応する。

以下タイプ(1)～(12)について説明する。

実験結果と対照しながら述べるので先ず実験結果を示すグラフを説明する。

第7図～第10図は、ダイヤモンド層の厚み $H$ をパラメータとして $ZnO$ 層の厚み $H$ を変化させて位相速度(伝搬速度)を測定した結果を示すグラフである。横軸は $2\pi H/l$ である。縦軸は位相

乗じた( $2\pi H/l$ )によって表現する。同様にダイヤモンド基板の膜厚も $H_2$ ではなく $H$ と書く。膜厚 $H$ はこれを波長で割って $2\pi$ を乗じた( $2\pi H/l$ )によって表現する。これらは無次元のパラメータである。

本発明者の実験によれば、膜厚 $H$ 、 $H$ は、絶対的な値というよりその波長に対する比率が伝搬速度 $v$ 、電気機械結合係数 $K^2$ に影響するということが分かっている。従って上記のパラメータにより条件を分類することが有用である。

第3図～第8図に本発明の表面弾性波素子の断面図を示す。それぞれ簡単のためⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型と略称する。

第3図はⅠ型のものを示す。これはシリコン基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、くし型電極4をその上に設けたものである。この上にさらに $ZnO$ 層4を形成する。これは次に述べるタイプ(1)～(3)に対応する構造である。

第4図はⅡ型のものを示す。シリコン基板1の上に、ダイヤモンド層2を設け、くし型電極4を

速度( $\text{m/s}$ )である。

$ZnO$ 層が薄いほうが、音速の大きいダイヤモンド層の影響を受け易く位相速度が速くなる。

白丸は0次モード、三角は1次モード、四角は2次モード、ペケは3次モードを示す。当然高次モードの方が位相速度が大きい。しかし単純な倍数関係にはない。

これらは構造による違い(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型の違い)は無い。

第11図～第14図は $ZnO$ 層の厚み $H$ をパラメータとして、ダイヤモンド層の厚み $H$ を変化させて位相速度 $v$ を測定した結果を示すグラフである。

ダイヤモンド層の厚みが大きいほうが位相速度 $v$ が大きくなる傾向にあるが、ダイヤモンド層の厚みにはあまり依存しないといえる。

#### 【Ⅰ型】

第15図～第18図は、Ⅰ型の構造についての電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフである。

2次モードの電気機械結合係数 $K^2$ はいずれの場合においても小さかったので、これらのグラフには図示していない。

第15図、第16図に於いてパラメータはダイヤモンド層の厚みで、 $2rHD/l$ が2.0、4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚みHを無次元化した $2rH/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

第17図、第18図に於いてパラメータはZnO層の厚みで、 $2rH/l$ が1.0、3.0の場合について測定した。横軸はダイヤモンド層の厚みHDを無次元化した $2rHD/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

$(2r \cdot H/l) = 1$ の時は1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きい。ZnO層の厚みが増すと0次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなる傾向にある。ダイヤモンド層厚みが違っていてもZnO層が薄いときは1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくZnO層が厚いときは0次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなる。

電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなる。

II型とI型は短絡用電極の有無だけに於いて異なる。II型の場合ZnO層が薄いときの1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ がより大きくなる。

### 【III型】

第23図～第24図は、III型の構造についての電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフである。

第23図、第24図に於いてパラメータはダイヤモンド層の厚みで、 $2rHD/l$ が2.0、4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚みHを無次元化した $2rH/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

第25図、第26図に於いてパラメータはZnO層の厚みで、 $2rH/l$ が1.0、2.0の場合について測定した。横軸はダイヤモンド層の厚みHDを無次元化した $2rHD/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

ダイヤモンド層、ZnO層が厚いと電気機械結合係数 $K^2$ が小さい。

### 【II型】

第19図～第22図は、II型の構造についての電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフである。

第19図、第20図に於いてパラメータはダイヤモンド層の厚みで、 $2rHD/l$ が2.0、4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚みHを無次元化した $2rH/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

第21図、第22図に於いてパラメータはZnO層の厚みで、 $2rH/l$ が1.0、3.0の場合について測定した。横軸はダイヤモンド層の厚みHDを無次元化した $2rHD/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

$(2r \cdot H/l) = 1$ の時は1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きい。ZnO層の厚みが増すと0次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなる傾向にある。ダイヤモンド層の厚みが違っていても、ZnO層が薄いときは1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなり、ZnO層が厚くなると0次モードの

ダイヤモンド層の厚み $(2r \cdot HD/l) = 2$ のときは、ZnO層が厚い時1次モードが有望である。ダイヤモンド層が厚いと、ZnO層の薄いとき0次モードも電気機械結合係数 $K^2$ が0.5%を超える。ダイヤモンド層が厚いと、ZnO層が厚いとき、3次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が0.5%を超える。

### 【IV型】

第27図～第30図は、IV型の構造についての電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフである。

第27図、第28図に於いてパラメータはダイヤモンド層の厚みで、 $2rHD/l$ が2.0、4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚みHを無次元化した $2rH/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

第29図、第30図に於いてパラメータはZnO層の厚みで、 $2rH/l$ が1.0、2.0の場合について測定した。横軸はダイヤモンド層の厚みHDを無次元化した $2rHD/l$ である。縦軸は電気機械結合係数 $K^2$ である。

これはⅢ型に短絡用電極を設けたものである。  
広い範囲にわたって、1次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなっている。

ZnO層が厚くなるほど、0次、3次モードの電気機械結合係数 $K^2$ が大きくなる。ダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4$ のときは0次モードが、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 2.2$ で、電気機械結合係数 $K^2$ が0.5を超える。

【タイプ1から12までの説明】

I型・・・タイプ1、2、3

II型・・・タイプ4、5、6

III型・・・タイプ7、8、9

IV型・・・タイプ10、11、12

(1) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 〔但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長〕 $= 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用することを特徴とする表面弾性波素子。

：表面弾性波の波長〕 $= 0.3 \sim 2.0$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 0.5$ で $v = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ 〕、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.75 \sim 1.25$ において $K^2 = 1 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ 〔但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長〕 $\geq 0.5$ である事が望ましい。 $\{(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きいほどvは大きくなり0.5より小さいとvが5500m/sより小さくなる場合がある}。

(3) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $v = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 〕、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.3 \sim 1.5$ において $K^2 = 1 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ 〔但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長〕 $\geq 3.0$ である事が望ましい。 $\{(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きいほどvは大きくなり0.3より小さいとvが5500m/sより小さくなる場合があり、また $K^2$ は0.5%より小さくなる場合がある}。

(2) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 〔但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$

積層して成る表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 〔但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長〕 $\geq 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5$ で $v = \text{約} 10000 \text{ m/s}$ 〕、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.55 \cdots \rightarrow 4.0$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \cdots \rightarrow 1\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ 〔但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長〕 $\geq 0.5$ である事が望ましい。 $\{0.5$ より小さいと $K^2$ が0.5%より小さくなる場合がある}。

(4) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層



の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層してなる表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ （但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $=0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $v = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.2$ 及び $1.3 \sim 1.5$ において $K^2 = 1 \sim 5\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ （但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $\geq 2.5$ である事が望ましい。 $\{(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大き

く状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ （但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $\geq 0.5$ である事が望ましい。 $\{(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほどvは大きくなり0.5より小さいとvが5500m/sより小さくなる場合がある。

- (6) ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層してなる表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ （但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $\geq 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の3次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5$ で $v = \text{約} 10000 \text{ m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5 \rightarrow 4.0$ と大きくなるほど $K^2 =$

なるほどvは大きくなり2.5より小さいとvが5500m/sより小さくなる場合がある。又 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど $K^2$ は大きくなり2.5より小さいと $K^2$ が0.5%より小さくなる場合がある。

- (5) ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層してなる表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ （但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $=0.3 \sim 2.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 0.5$ で $v = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.5$ において $K^2 = 2 \sim 5\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜

0.5  $\rightarrow$  1%と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド炭素膜層を用いる場合には $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ （但しHD：ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $\geq 0.5$ である事が望ましい。 $\{0.5$ より小さいとvが5500m/sより小さくなる場合がある。

- (7) ダイヤモンド層或はダイヤモンド炭素膜層の上にくし型電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上にZnO層を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の $(2\pi \cdot H/\lambda)$ （但しH：ZnO層の厚み、 $\lambda$ ：表面弾性波の波長） $=0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事の特徴とする表面弾性波素子。

vに関しては $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほどvは大きくなり望ましいが $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $v = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2$

$\pi \cdot H / \lambda = 1.0 \sim 1.25$ において $K^2 = 1\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜層を用いる場合には $(2 \pi \cdot HD / \lambda)$  (但し $HD$ :ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $\geq 3.0$ である事が望ましい。 $(2 \pi \cdot HD / \lambda)$ が大きくなるほど $v$ は大きくなり $3.0$ より小さいと $v$ が $5500\text{m/s}$ より小さくなる場合がある。又 $K^2$ は $0.5\%$ より小さくなる場合がある。

- (9) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に $\text{ZnO}$ 層を積層し、その上にくし型電極を配置してなる表面弾性波素子において、 $\text{ZnO}$ 層の $(2 \pi \cdot H / \lambda)$  (但し $H$ : $\text{ZnO}$ 層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $= 1.0 \sim 3.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

造で励起される表面弾性波の3次モードを利用することを特徴とする表面弾性波素子。

$v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$ は大きくなり望ましい $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 1.5$ で $v = \text{約 } 12000\text{m/s}$ 。

- (10) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に界面短絡用電極を積層し、その上に $\text{ZnO}$ 層を積層し、その上にくし型電極を配置してなる表面弾性波素子において、 $\text{ZnO}$ 層の $(2 \pi \cdot H / \lambda)$  (但し $H$ : $\text{ZnO}$ 層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $= 0.5 \sim 1.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の0次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

$v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$ は大きくなり望ましいが $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 0.5$ で $v = 7000 \sim 8000\text{m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 0.5 \rightarrow 1.5$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \rightarrow 3\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜

$v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$ は大きくなり望ましいが $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 1.0$ で $v = 7000 \sim 8000\text{m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 1.0 \rightarrow 3.5$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \rightarrow 3\%$ と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド層は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド層を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜層を用いる場合には $(2 \pi \cdot HD / \lambda)$  (但し $HD$ :ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $\geq 2.0$ である事が望ましい。 $(2 \pi \cdot HD / \lambda)$ が大きくなるほど $v$ は大きくなり $2.0$ より小さいと $v$ が $5500\text{m/s}$ より小さくなる場合がある。

- (9) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に $\text{ZnO}$ 層を積層し、その上にくし型電極を配置してなる表面弾性波素子において、 $\text{ZnO}$ 層の $(2 \pi \cdot H / \lambda)$  (但し $H$ : $\text{ZnO}$ 層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $= 1.5 \sim 3.0$ を満たす構

造で励起される表面弾性波の3次モードを利用することを特徴とする表面弾性波素子。  
 $v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$ は大きくなり望ましいが $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 0.5$ で $v = 7000 \sim 8000\text{m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 0.5 \rightarrow 1.5$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \rightarrow 3\%$ と大きくなり望ましい。  
 $v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$ は大きくなり望ましいが $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 1.0$ で $v = 7000 \sim 8000\text{m/s}$ 、 $K^2$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda) = 1.0 \rightarrow 3.5$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \rightarrow 3\%$ と大きくなり望ましい。

- (11) ダイヤモンド層或はダイヤモンド状炭素膜層の上に界面短絡用電極を積層し、その上に $\text{ZnO}$ 層を積層し、その上にくし型電極を配置してなる表面弾性波素子において、 $\text{ZnO}$ 層の $(2 \pi \cdot H / \lambda)$  (但し $H$ : $\text{ZnO}$ 層の厚み、 $\lambda$ :表面弾性波の波長)  $= 0.5 \sim 3.5$ を満たす構造で励起される表面弾性波の1次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

$v$ に関しては $(2 \pi \cdot H / \lambda)$ は小さいほど $v$

は大きくなり望ましいが  $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$  で  $v = \text{約 } 10000 \text{ m/s}\}$ 、 $K^2$  に関しては  $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \rightarrow 3.5$  と大きくなるほど  $K^2 = 0.5 \rightarrow 3\%$  と大きくなり望ましい。

ダイヤモンド膜は天然或は超高压合成法による単結晶ダイヤモンド又は気相合成法による膜状ダイヤモンドのいずれでも良いが、膜状ダイヤモンド膜を用いる場合或はダイヤモンド状炭素膜を用いる場合には  $(2\pi \cdot HD/\lambda)$  (但し  $HD$ : ダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜の厚み、 $\lambda$ : 表面弾性波の波長)  $\geq 2.0$  である事が望ましい。 $\{(2\pi \cdot H/\lambda)$  が大きくなるほど  $v$  は大きくなり  $2.0$  より小さいと  $v$  が  $5500 \text{ m/s}$  より小さくなる場合がある

- (12) ダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜層の上に界面短絡用電極を積層し、その上に  $\text{ZnO}$  層を積層し、その上にくし型電極を配置してなる表面弾性波素子において、 $\text{ZnO}$  層の  $(2\pi \cdot H/\lambda)$  (但し  $H$ :  $\text{ZnO}$  層の厚み、 $\lambda$ : 表面弾性波の波長)  $= 1.5 \sim 3.0$  を満たす構造で励起

③ 光によりガスを分解励起する。

④ イオン衝撃により成長させる。

⑤ ガスを燃焼させる。

等の方法があるが、いずれの合成法によっても適したダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜を得る事ができる。

ダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜を成長させる基材が  $\text{Si}$  等の半導体、金属、ガラス、セラミック、酸化物、窒化物等のいずれであっても上述の(1)～(12)の構成で得られる効果には差はない。いずれの基材でも最適な  $(2\pi \cdot H/\lambda)$  の値は同様である。

ダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜の上にくし型電極を配置する場合は  $\{(1) \sim (6)$  の場合}これらは絶縁性であることが必要でその抵抗率は  $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$  以上、さらに好ましくは  $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$  以上であらねばならない。

またダイヤモンド膜或はダイヤモンド状炭素膜の表面は平坦である事が望ましく、必要に応じて表面研磨等を施す必要がある。

される表面弾性波の3次モードを利用する事を特徴とする表面弾性波素子。

$v$  に関しては  $(2\pi \cdot H/\lambda)$  は小さいほど  $v$  は大きくなり望ましい  $\{(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.5$  で  $v = \text{約 } 12000 \text{ m/s}\}$

#### 【 作 用 】

上記の条件で作製され所定のモードで動作する表面弾性波素子はいずれも位相速度  $v$  が大きく、電気機械結合係数  $K^2$  が大きい。

上記(1)～(12)すべての場合において  $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 4.0$  に於いては、 $v$ 、 $K^2$  とも  $(2\pi \cdot HD/\lambda)$  にほとんど依存しなくなり、ダイヤモンド膜として単結晶ダイヤモンドを用いた時はこの領域に含まれる。

ダイヤモンド膜及びダイヤモンド状炭素膜は炭化水素等のガスを原料としてガラス、 $\text{Si}$ 、金属など各種基材上に気相合成できる。

気相合成法としては、

- ① 電子放出材を加熱して原料ガスを活性化する。
- ② プラズマによりガスを分解励起する。

$\text{ZnO}$  膜はスパッタ法や  $\text{CVD}$  法の気相合成法を用いる事によって大きな圧電性を有した  $c$  軸配向性の優れたものを成長させることができる。

この  $c$  軸配向性が小さすぎたり、 $\text{ZnO}$  膜の抵抗率が小さ過ぎると  $K$  は小さくなってしまふので、 $\sigma$  値  $\leq 3'$  ( $\text{ZnO}$  の  $c$  軸に対する  $X$  線ロックアップから求めた配向性) 及び、抵抗率  $\geq 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$  である事が望ましい。

くし型電極は  $\text{Al}$  等の金属を用いて通常のフォトリソグラフィ技術により線幅  $1.2 \mu\text{m}$  程度のもので製作できる。この線幅は細くなればなるほど  $f$  を大きくできる訳であるが、例えば線幅が  $1.2 \mu\text{m}$  で  $\lambda = 4.8 \mu\text{m}$ 、 $v = 10000 \text{ m/s}$ 、で設計すれば  $f = 2.080 \text{ GHz}$  の高周波を実現できる。

電子ビーム露光の技術を用いればさらに細かいパターンニングも可能であり、動作周波数  $f$  をさらに高くする事ができる。

#### 【 実 施 例 】

第3図～第6図に示した4種類の構造の表面弾性波フィルターを  $\text{ZnO}$  膜及びダイヤモンド膜の膜

厚を種々変化させて作製した。

そのフィルター特性を測定しその中心周波数 $f$ より表面弾性波の $v = f/\lambda$ を求めた。またくし型電極の放射インピーダンスの測定より、電気機械結合係数 $K^2$ を求めた。

ダイヤモンド膜はマイクロ波プラズマCVD法により多結晶Si(12mm角)基材上に成長させた。

マイクロ波プラズマCVD成長条件は、

原料ガス： $CH_4/H_2 = 1/100$

マイクロ波パワー：400 W

反応圧力：50 Torr

であった。

成長後これらのダイヤモンド膜には表面研磨を施し、種々の膜厚(0.5 ~ 5  $\mu m$ )のものを作製した。これらの膜はいずれも $10^8 \Omega \cdot cm$ 以上の抵抗率を有していた。

ZnO膜はRFマグネトロンスパッタ法により形成した。

スパッタリング条件は、

基板温度：400 度

用したフィルターを実現できることを確認した。

#### 【発明の効果】

本発明によれば、位相速度 $v$ 、電気機械結合係数 $K^2$ が大きい表面弾性波素子を与えることができるので、極高周波域において使用できる表面弾性波素子を提供することができる。

表面弾性波素子の例としては、最初に述べたフィルターに加えて、共振器、遅延線、信号処理素子、コンボルバなどが挙げられる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図はひとつの電極片が交互に並ぶようにしたくし型電極の例を示す平面図。

第2図は二つの電極片が交互に並ぶようにしたくし型電極の例を示す平面図。

第3図は本発明のI型の表面弾性波素子の概略断面図。

第4図は本発明のII型の表面弾性波素子の概略断面図。

第5図は本発明のIII型の表面弾性波素子の概略

スパッタリングガス： $Ar/O_2 = 1/1$

RFパワー：150 W

圧力：0.01 Torr

であった。

スパッタリングの時間を変えることで種々の膜厚(0.5 ~ 5  $\mu m$ )のものを作製した。これらのZnO薄膜はX線ロックアップカーブの $Q$ 値が1.8 ~ 2.1と良好な $c$ 軸配向性を示した。

くし型電極及び短絡用電極はAlを真空蒸着して形成した。

2対のくし型電極は通常のフォトリソグラフィにより第2図のタイプのものを形成した。

線幅は2  $\mu m$ ( $\lambda = 8 \mu m$ )で、電極片対の数は25である。

$v$ 及び $K$ の測定結果は既に述べたように第7図 ~ 第30図に示す通りであった。

この結果より、【課題を解決するための手段】のところで述べた(1) ~ (12)の構造において $v \geq 5500 m/s$ 、かつ $K^2 \geq 0.5\%$ の大きい伝搬速度と大きい結合係数を有する表面弾性波を利用

断面図。

第6図は本発明のIV型の表面弾性波素子の概略断面図。

第7図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド膜の厚さ $HD$ が $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 1.0$ に成るようにしたときZnO層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。白丸が0次モード、三角が1次モード、四角が2次モード、ベケが3次モードである。

第8図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド膜の厚さ $HD$ が $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ に成るようにしたときZnO層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第9図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド膜の厚さ $HD$ が $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 3.0$ に成るようにしたときZnO層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第10図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚さ $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 4.0$ になるようにしたとき $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第11図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 1.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第12図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 2.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第13図は本発明の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 3.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

$H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第18図は本発明のI型の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 3.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第19図は本発明のII型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 2.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。白丸は0次モード、三角は1次モード、ベケは3次モードを示す。

第20図は本発明のII型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 4.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第21図は本発明のII型の実施例に係る表面弾

性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 4.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの表面弾性波の位相速度 $v$ の測定結果を示すグラフ。

第15図は本発明のI型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 2.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。白丸は0次モード、三角は1次モード、ベケは3次モードを示す。(2次モードは図示していない。)

第16図は本発明のI型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 4.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第17図は本発明のI型の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 1.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを

性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 1.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第22図は本発明のII型の実施例に係る表面弾性波素子において $ZnO$ 層の厚み $H$ が $(2\pi \cdot H/l) = 3.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みを $H_D$ として変数 $(2\pi \cdot H_D/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第23図は本発明のIII型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 2.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。白丸は0次モード、三角は1次モード、ベケは3次モードを示す。

第24図は本発明のIII型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚み $H_D$ が $(2\pi \cdot H_D/l) = 4.0$ になるようにしたとき、 $ZnO$ 層の厚みを $H$ として変数 $(2\pi \cdot H/l)$ に対する各モードの電

電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第25図は本発明のⅢ型の実施例に係る表面弾性波素子においてZnO層の厚みHが $(2r \cdot H/1)=1.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みをHDとして変数 $(2r \cdot HD/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第26図は本発明のⅢ型の実施例に係る表面弾性波素子においてZnO層の厚みHが $(2r \cdot H/1)=2.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みをHDとして変数 $(2r \cdot HD/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第27図は本発明のⅣ型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚みHDが $(2r \cdot HD/1)=2.0$ になるようにしたとき、ZnO層の厚みをHとして変数 $(2r \cdot H/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。白丸は0次モード、三角は1次モード、ペケは3次モードを示す。

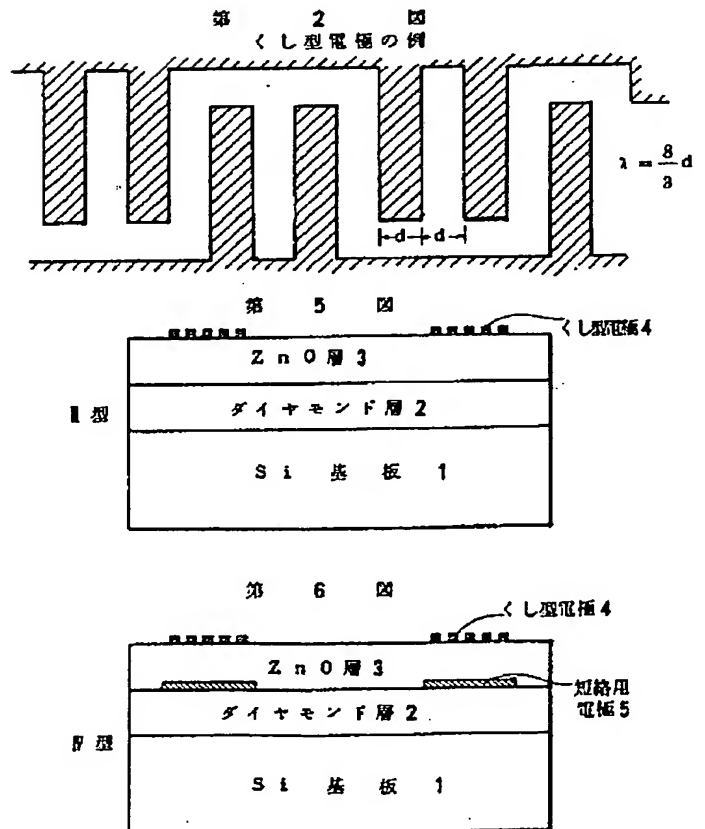
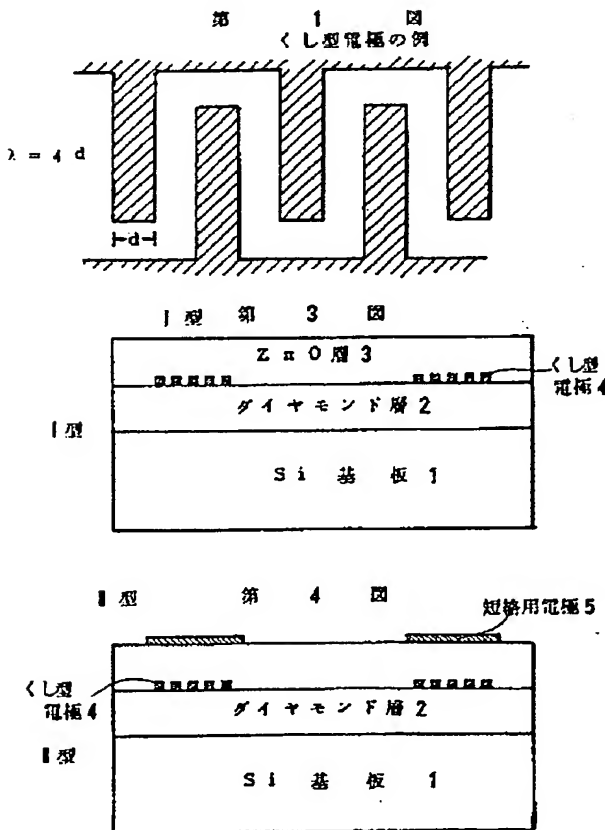
第28図は本発明のⅣ型の実施例に係る表面弾性波素子においてダイヤモンド層の厚みHDが $(2$

$r \cdot HD/1)=4.0$ になるようにしたとき、ZnO層の厚みをHとして変数 $(2r \cdot H/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

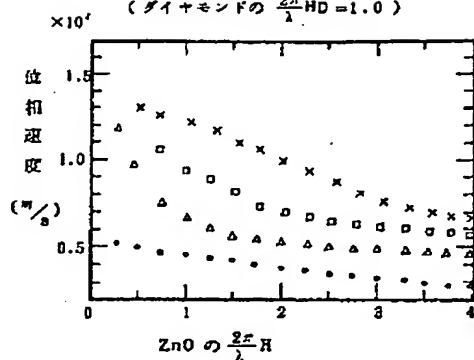
第29図は本発明のⅣ型の実施例に係る表面弾性波素子においてZnO層の厚みHが $(2r \cdot H/1)=1.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みをHDとして変数 $(2r \cdot HD/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

第30図は本発明のⅣ型の実施例に係る表面弾性波素子においてZnO層の厚みHが $(2r \cdot H/1)=2.0$ になるようにしたとき、ダイヤモンド層の厚みをHDとして変数 $(2r \cdot HD/1)$ に対する各モードの電気機械結合係数 $K^2$ の測定結果を示すグラフ。

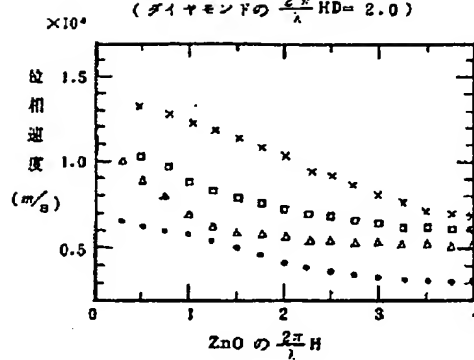
- 1.....シリコン基板
- 2.....ダイヤモンド層
- 3.....ZnO層
- 4.....くし型電極
- 5.....短絡用電極



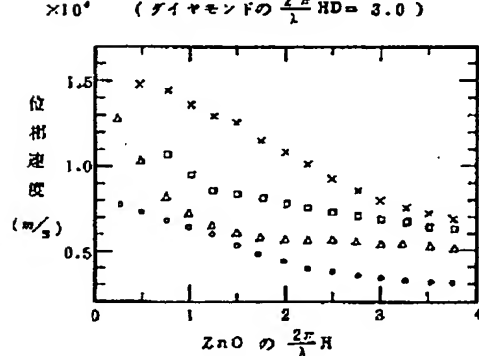
第 7 図

(ダイヤモンドの  $\frac{2\pi}{\lambda}HD = 1.0$ )

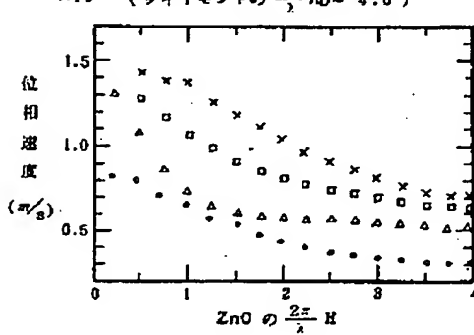
第 8 図

(ダイヤモンドの  $\frac{2\pi}{\lambda}HD = 2.0$ )

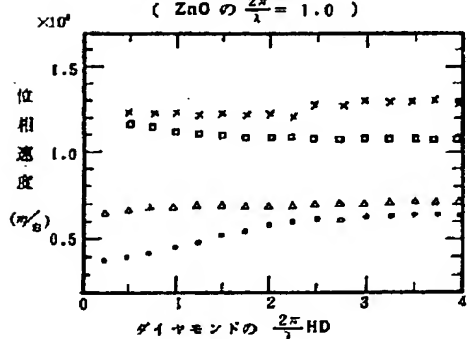
第 9 図

(ダイヤモンドの  $\frac{2\pi}{\lambda}HD = 3.0$ )

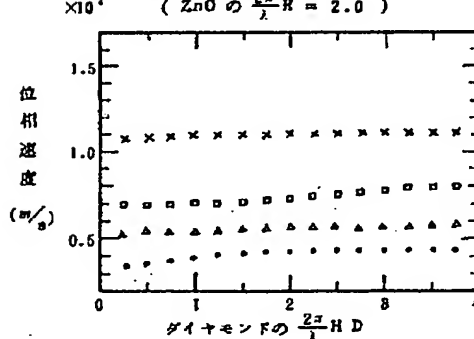
第 10 図

(ダイヤモンドの  $\frac{2\pi}{\lambda}HD = 4.0$ )

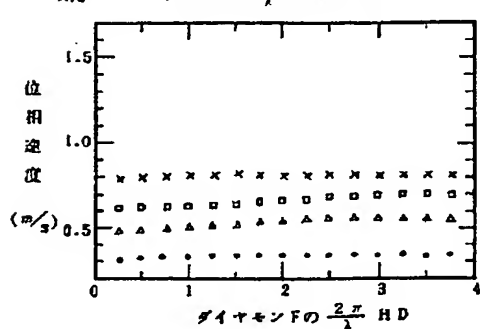
第 11 図

(ZnO の  $\frac{2\pi}{\lambda}H = 1.0$ )

第 12 図

(ZnO の  $\frac{2\pi}{\lambda}H = 2.0$ )

第 13 図

(ZnO の  $\frac{2\pi}{\lambda}H = 3.0$ )

第 14 図

(ZnO の  $\frac{2\pi}{\lambda}H = 4.0$ )